

# SMILE 8

## 次期気球実験に向けた詳細なシミュレーションとコンプトンカメラの開発現状

岸本祐二

谷森達、窪秀利、身内賢太郎、株木重人、Parker Joseph、黒澤俊介、  
岩城智、澤野達哉、谷上幸次郎、東直樹、中村輝石、松岡佳大、  
高田淳史<sup>A</sup>、上野一樹<sup>B</sup>

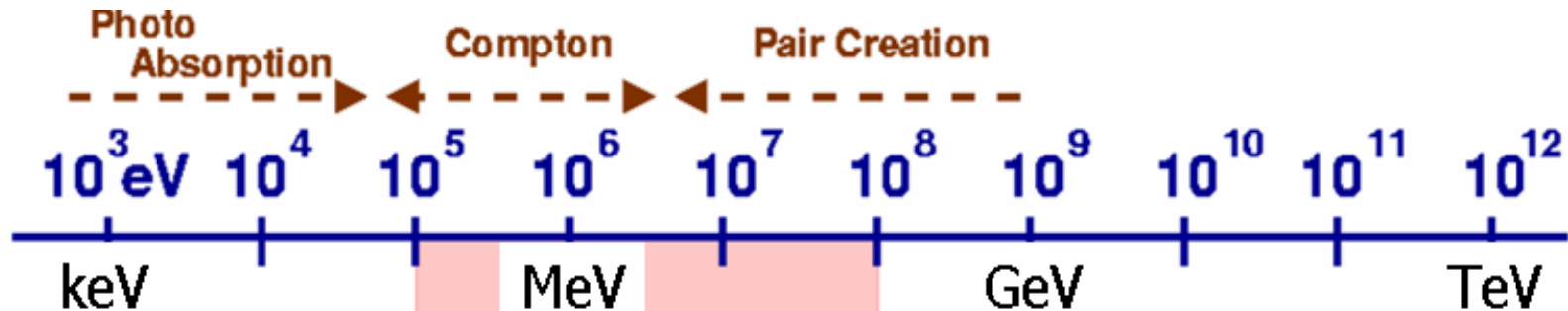
京大理、<sup>A</sup>ISAS/JAXA、<sup>B</sup>理研

# 概要

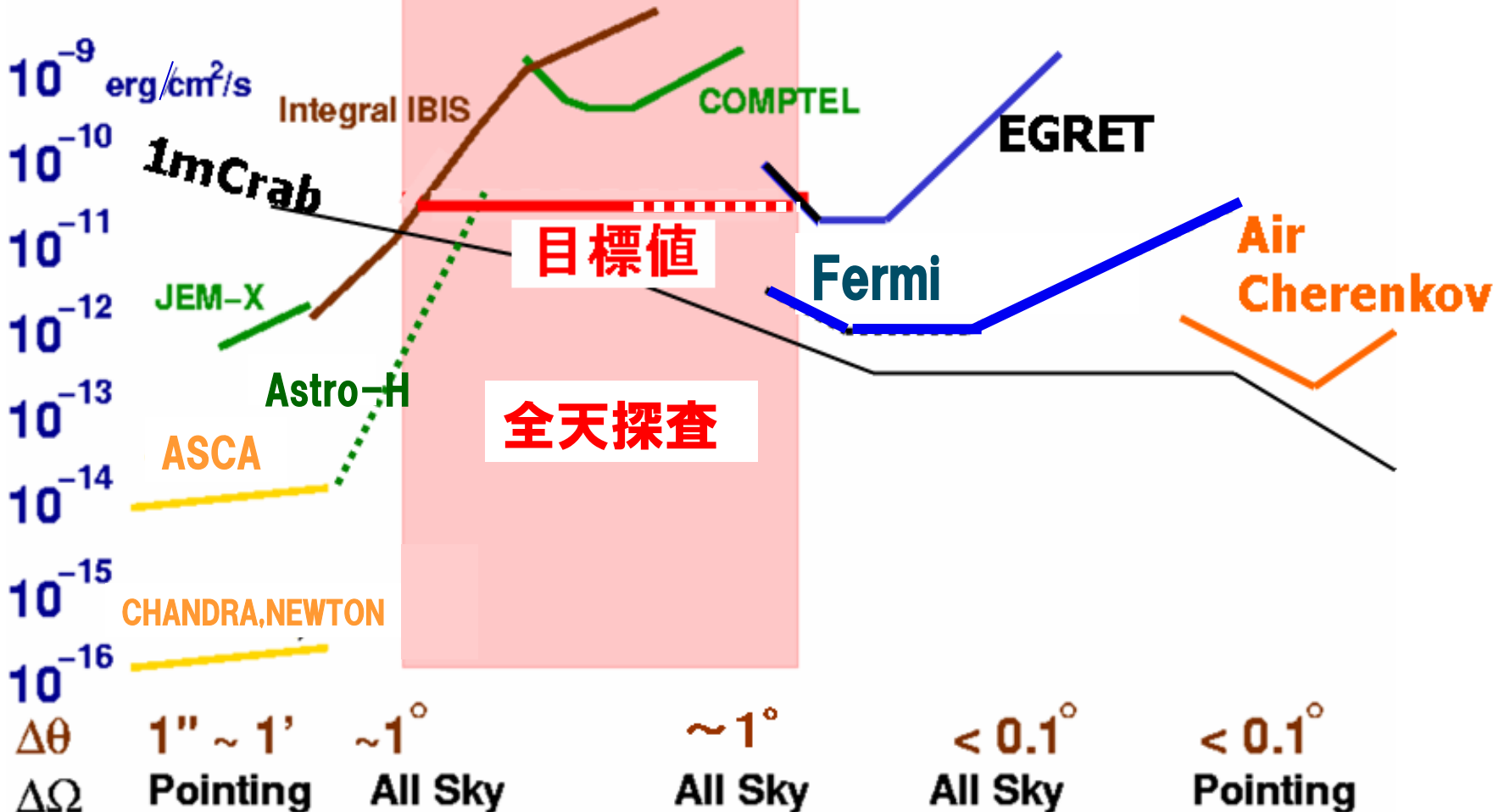
- SMILE計画
- $(30\text{cm})^3\text{MeV}\gamma$ 線カメラ用フルシミュレーターの開発
  - 実機との比較
- $(30\text{cm})^3\text{MeV}\gamma$ 線カメラの開発現状
  - ガスTPC省電力読み出しボードの動作試験
  - TPC読み出しロジックの改良
- まとめ

# これまでのX線・ガンマ線観測

MeV領域の観測

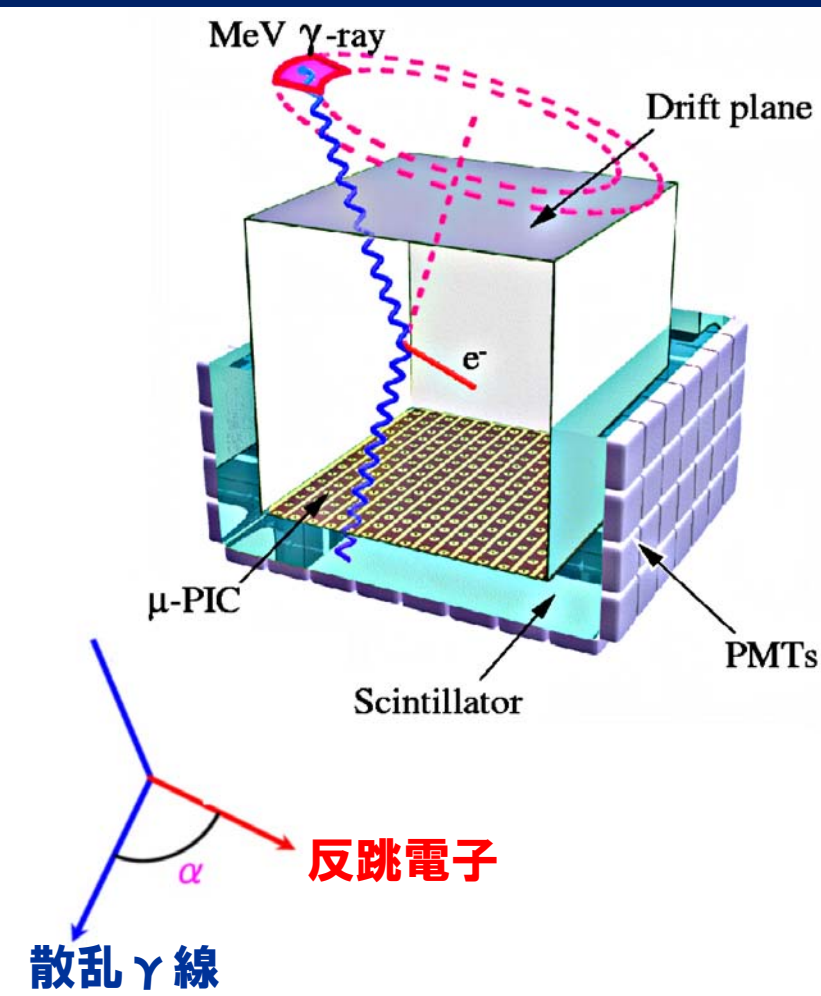


悪  
↑  
検出感度  
↓  
良



# MeVガンマ線カメラ(ETCC)

## MeVガンマ線カメラの概念図



●micro-TPC (μ-PICを用いたTPC)

⇒反跳電子のtrackとEnergy

●Scintillation camera (PSA)

⇒散乱ガンマ線の吸収点(位置)とEnergy



光子毎にCompton散乱を再現

■ 1光子 ⇒ 到来方向 + energy

■ 大きな視野 (~3str)

■ 強力なbackground除去能力

$$\cos \alpha_{\text{geo}} = \vec{g} \cdot \vec{e}$$



$$\cos \alpha_{\text{kin}} = \left(1 - \frac{m_e c^2}{E_\gamma}\right) \sqrt{\frac{K_e}{K_e + 2m_e c^2}}$$

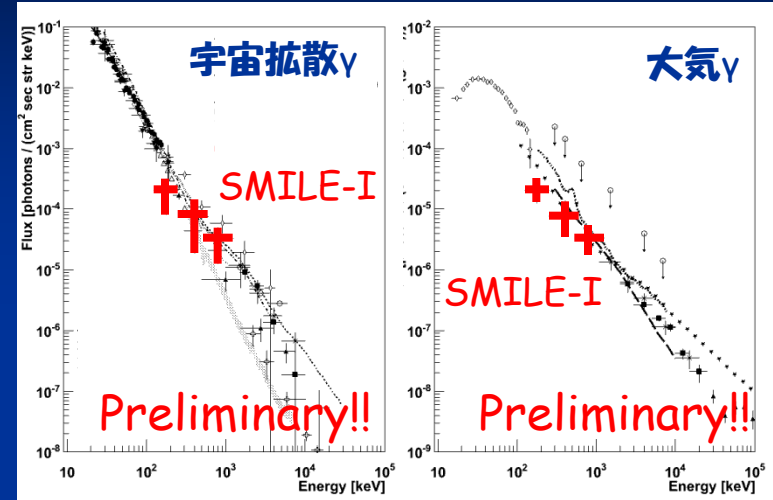
# SMILE計画

## Sub-MeV $\gamma$ -ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment

### SMILE-I

(10cm)  $^3\text{MeV}$   $\gamma$ 線カメラ 0.1~1 MeV  
気球@三陸 4時間  
動作実証 宇宙拡散 $\gamma$ ・大気 $\gamma$ 線測定  
(2006年9月に実施)

### SMILE-I



(30cm)  $^3\text{MeV}$   $\gamma$ 線カメラ 0.1~1 MeV  
気球 数時間~10時間  
明るい天体の観測  
(2012年の打ち上げを予定)

### SMILE-II

(40cm)  $^3\text{MeV}$   $\gamma$ 線カメラ 0.1~10 MeV  
長期観測気球 ~10日間  
銀河中心・銀河面サーベイ

(50cm)  $^3\text{MeV}$   $\gamma$ 線カメラ 0.1~30 MeV  
衛星 ~数年間  
全天サーベイ

### SMILE-IIに向けて

MeVガンマ線カメラの大型化

(10cm)<sup>3</sup> ⇒ (30cm)<sup>3</sup>

・性能向上の追求

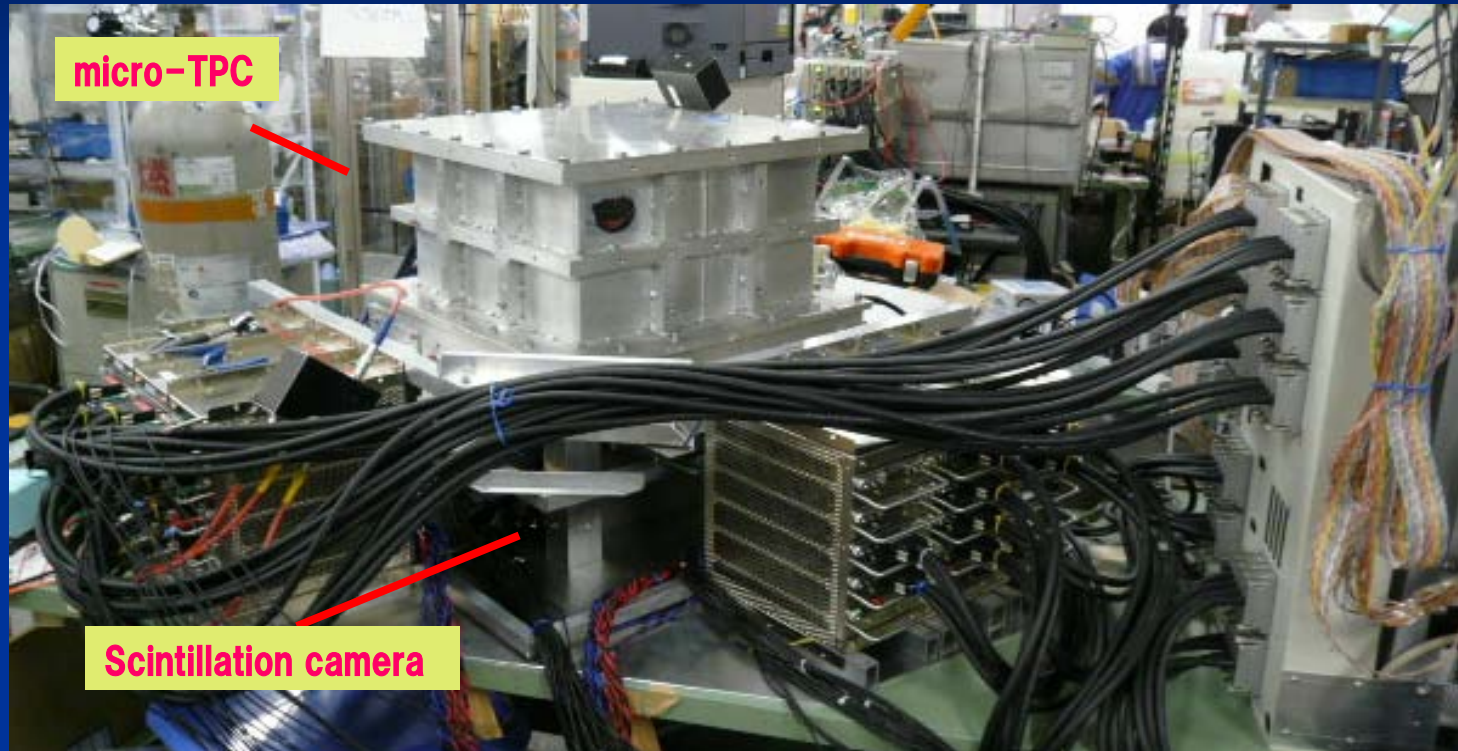
→ 実機と良く合うシミュレーターの開発

・省電力化

→ 低消費電力読み出し回路の開発

# (30cm)<sup>3</sup>ETCC用フルシミュレーターの開発

## プロトタイプ (30cm)<sup>3</sup>ETCC

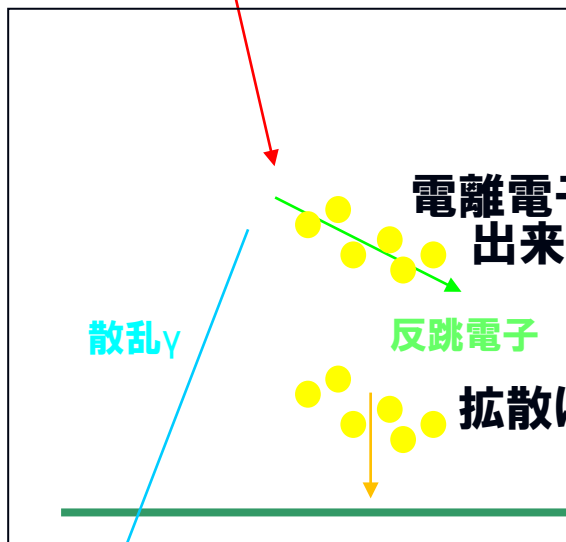


- $\mu$  PIC:  $30 \times 30 \text{cm}^2$   $\mu$ -PIC
- Fiducial volume  $28 \times 23 \times 28 \text{cm}^3$
- 使用ガス: Ar 90% C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 10% 1atm
- Gain:  $\sim 50000$
- GSOシンチ:  $8 \times 8 \times 36$  pixel (底面のみ)  
1 pixel:  $6 \times 6 \times 13 \text{mm}^3$



# (30cm)<sup>3</sup>ETCC用フルシミュレーターの開発

入射 $\gamma$



電離電子が何個出来たか

散乱 $\gamma$

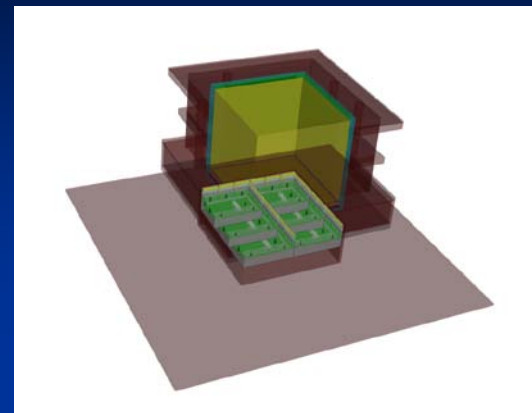
反跳電子

拡散による位置のズレ

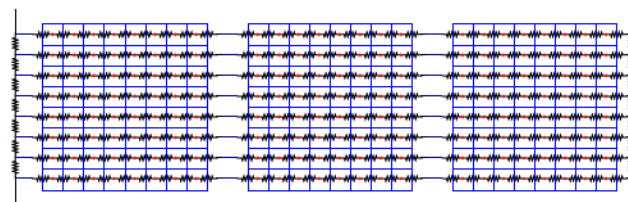
$\mu$ PIC各ピクセルで読み出し  
 $V_{th}$ を超えたらヒット

ch間のクロストーク

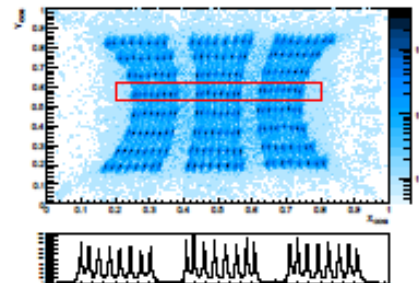
MAPMT読み出し回路の応答



ジオメトリ

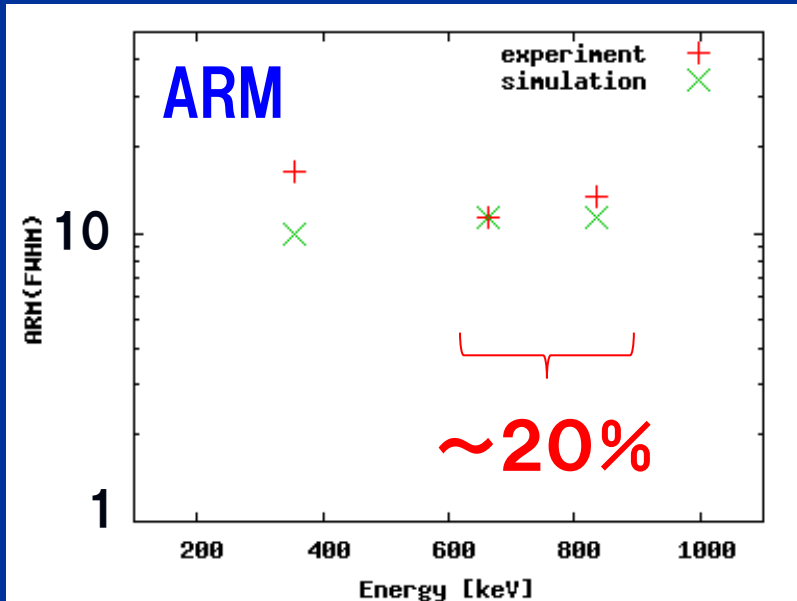
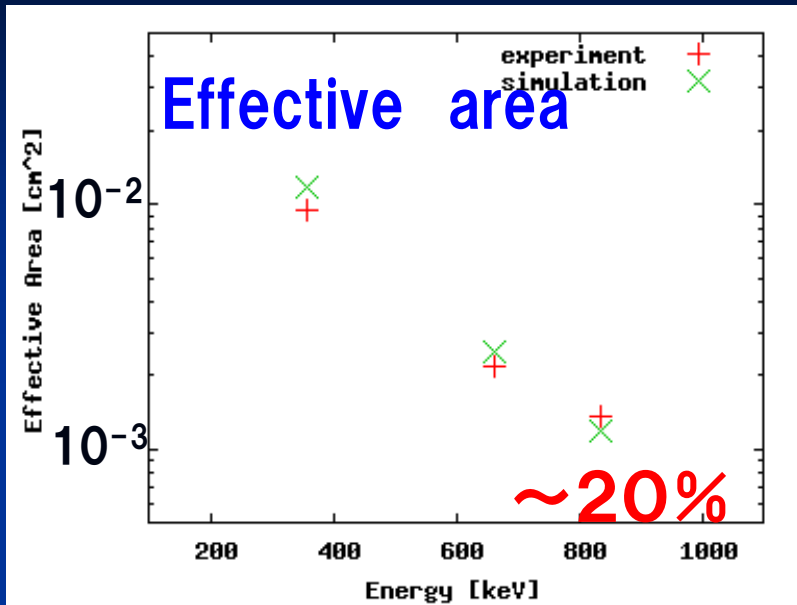


MAPMT読み出し回路の応答



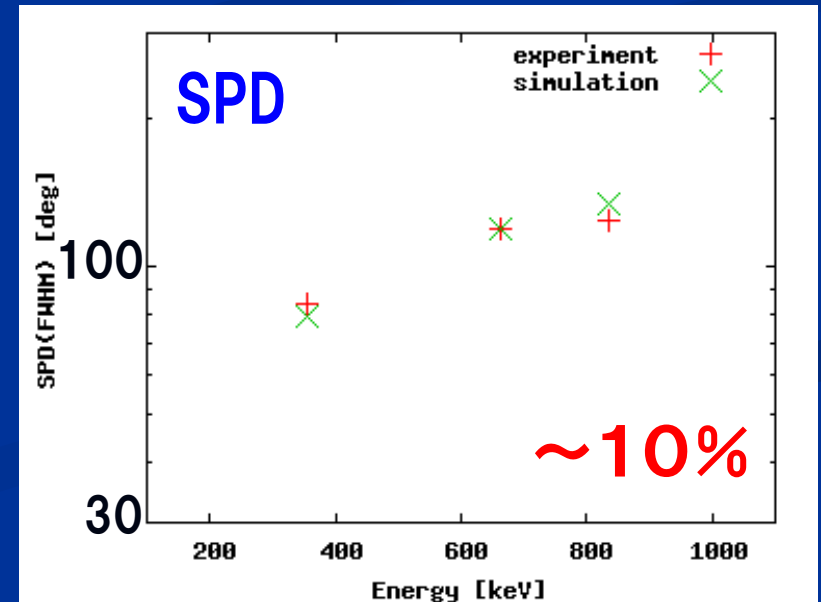
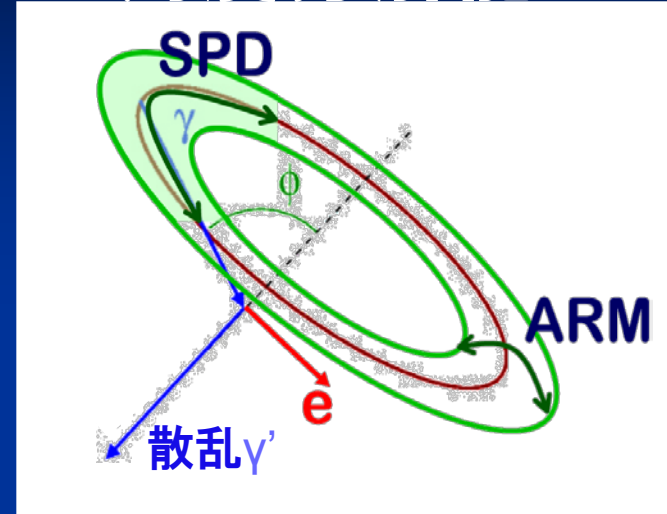
Geant4.9.3ベース

# 実機との比較



# Preliminary

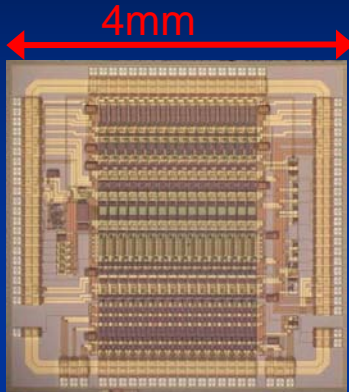
## 角度分解能



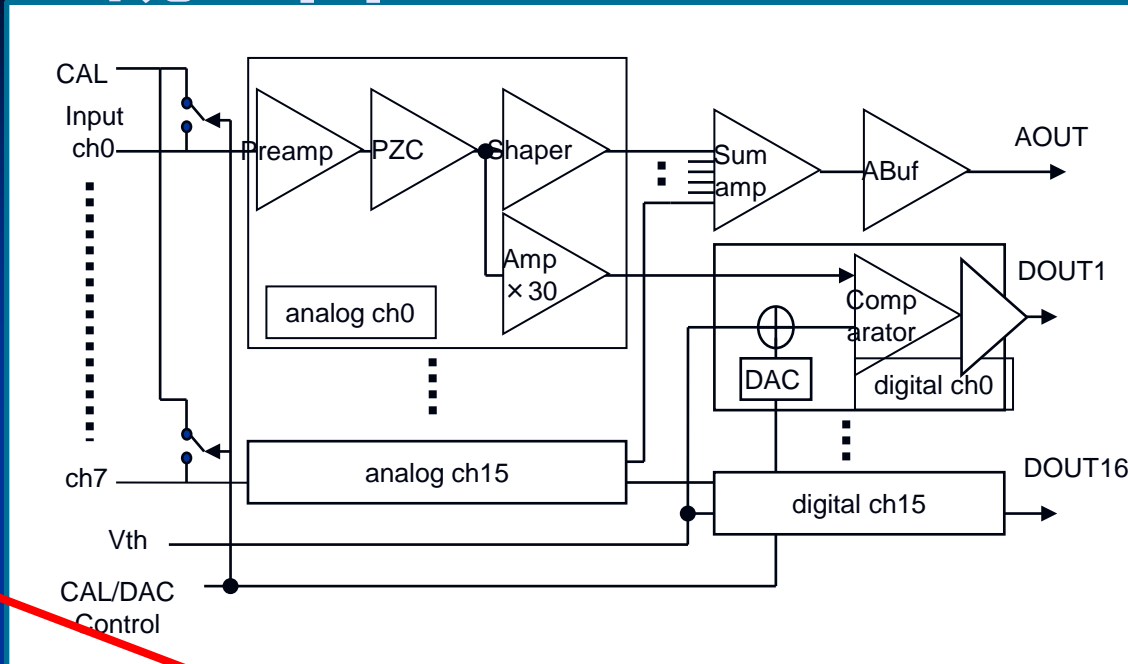


# 64ch TPC読み出しボード

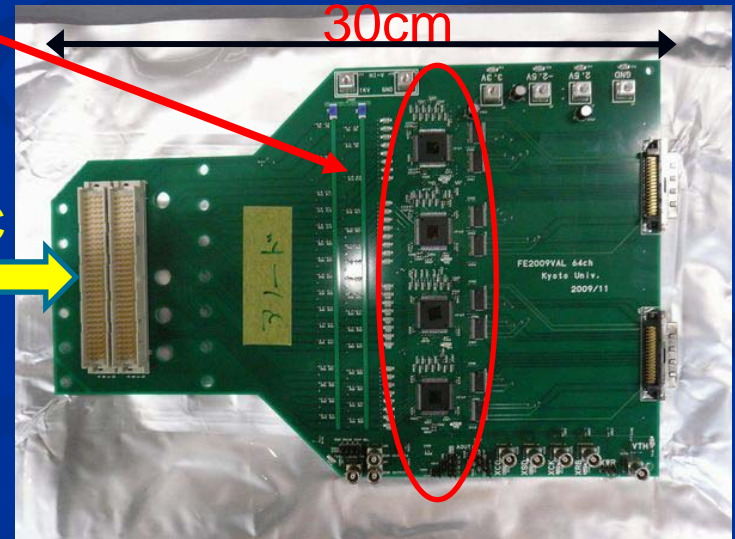
検出器の大型化→ch数増→電力増



**FE2009bal**  
(KEKと共同開発)



	ASD(SMILE-I)	FE2009bal
Ch数	4	16
ピーキングタイム	20ns	30ns
ダイナミックレンジ	-1.2~2.0pC	±1pC
ノイズ(Cd=100pF)	~3000e	~6000e
タイムウォーク	~6.5ns (20fC-1pC)	<~6ns (10fC-1pC)
消費電力	59mW/ch	18mW/ch



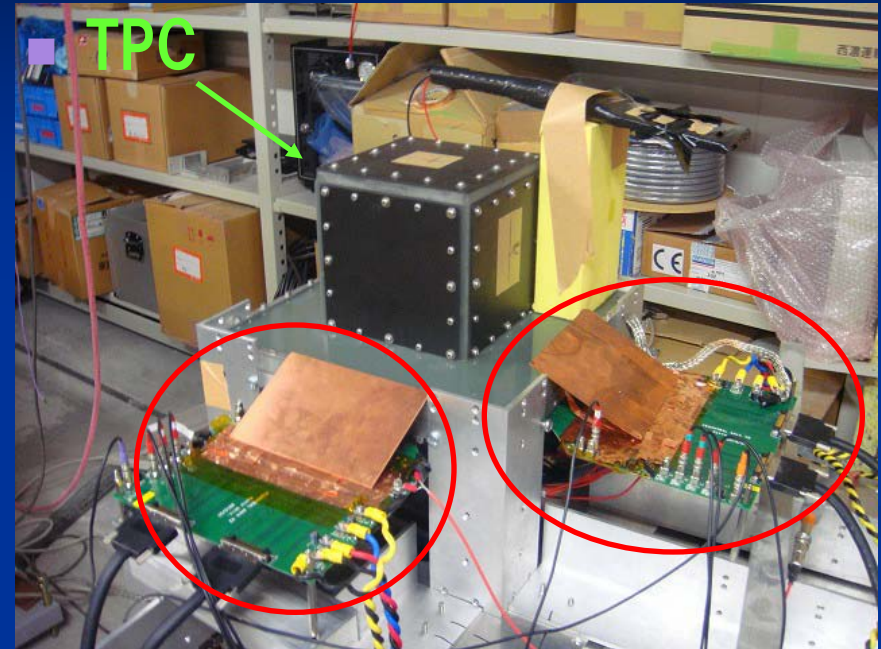
**64ChTPC読み出しボード**

# 64chTPC読み出しボード動作試験

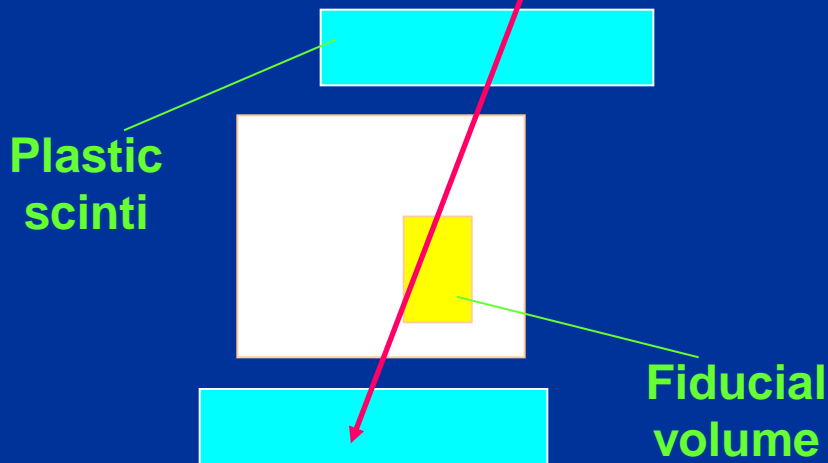
TPC読み出し回路としての使用



3次元飛跡がきれいに見えるのか



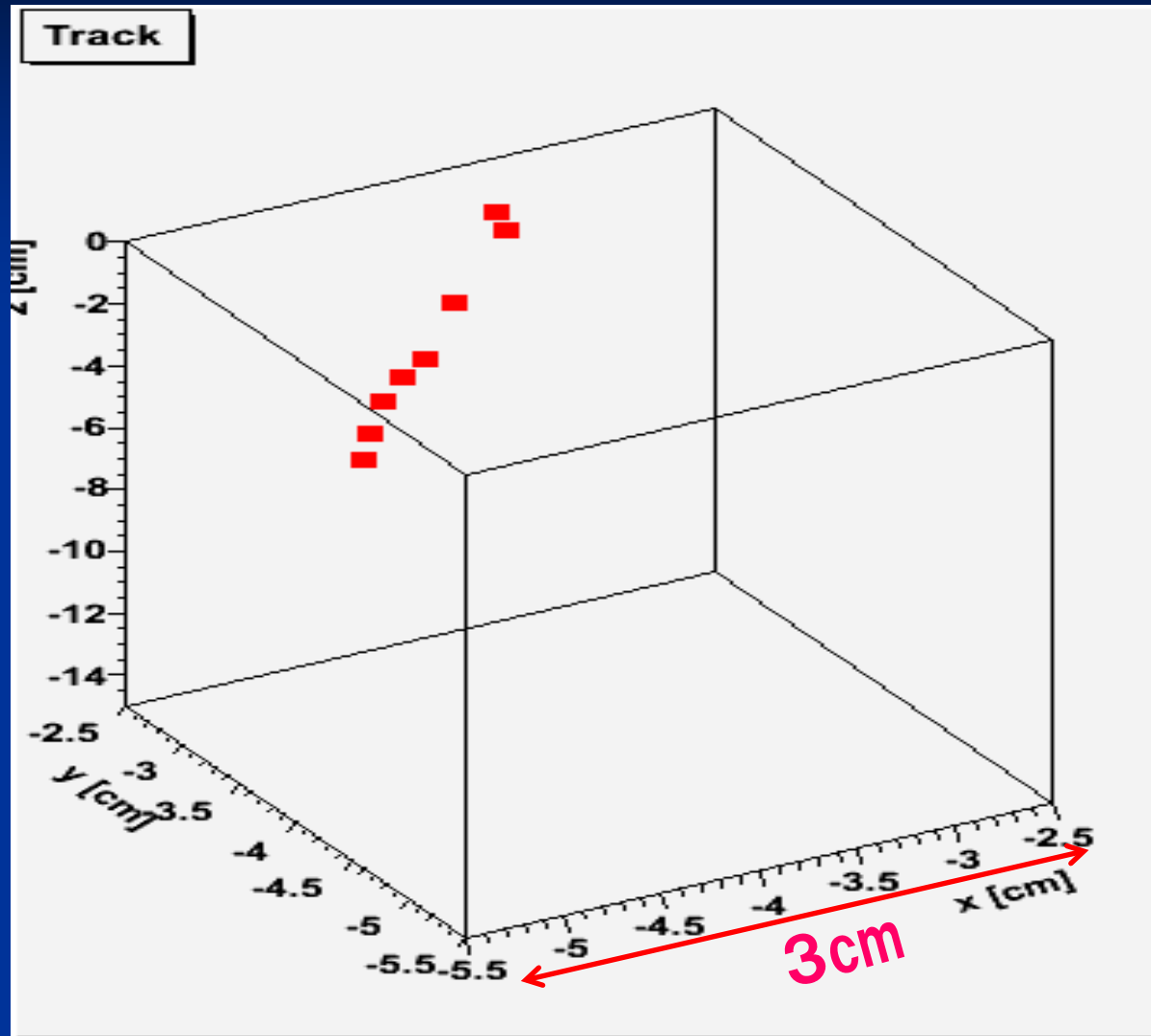
セットアップ



ミュオンを測定

- データ取得条件
  - 使用ガス： Ar 90% C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 10% 1atm
  - Gain： ~40000
  - (10cm)<sup>2</sup>  $\mu$ -PIC使用
  - Fiducial volume 2.5×2.5×15cm<sup>3</sup>

# 取得された飛跡



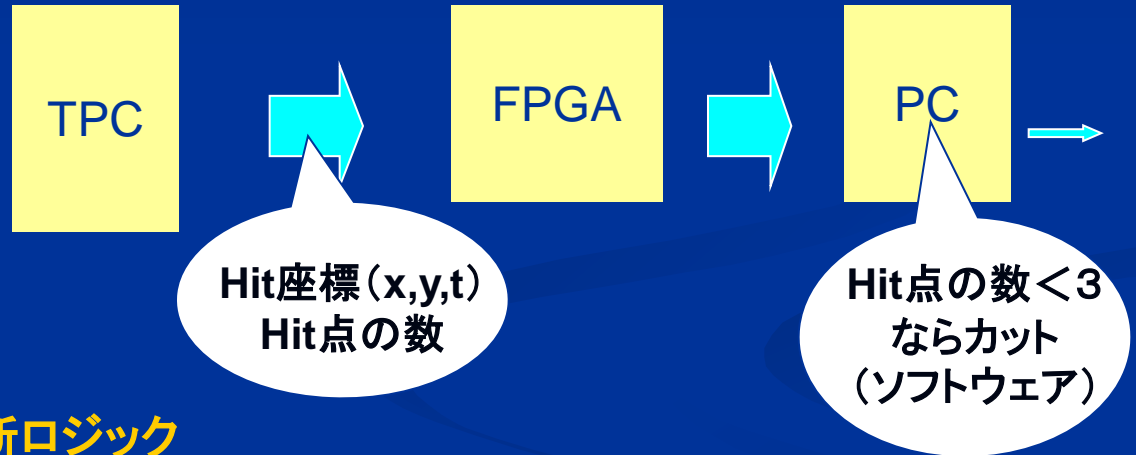
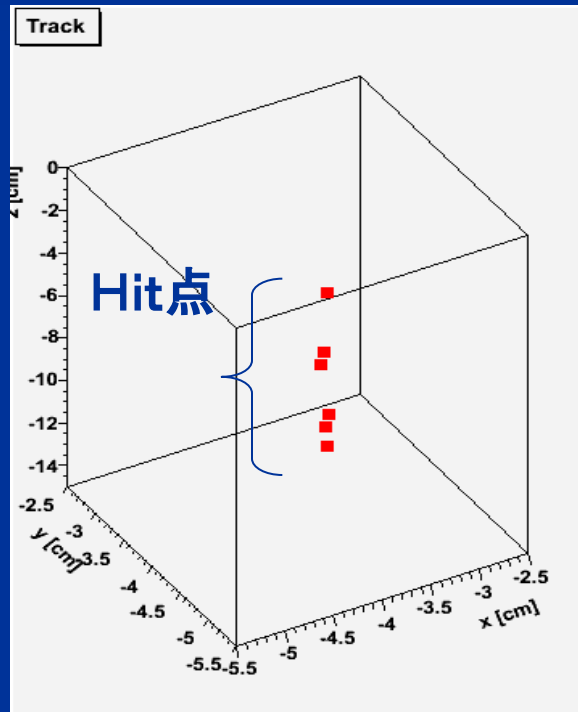
3次元飛跡の取得に成功

# TPC信号読み出しロジックの改良

検出器の大型化→トリガーレートが増大→デッドタイムの増加

SMILE-I : デッドタイム~20%@30Hz(level flight)

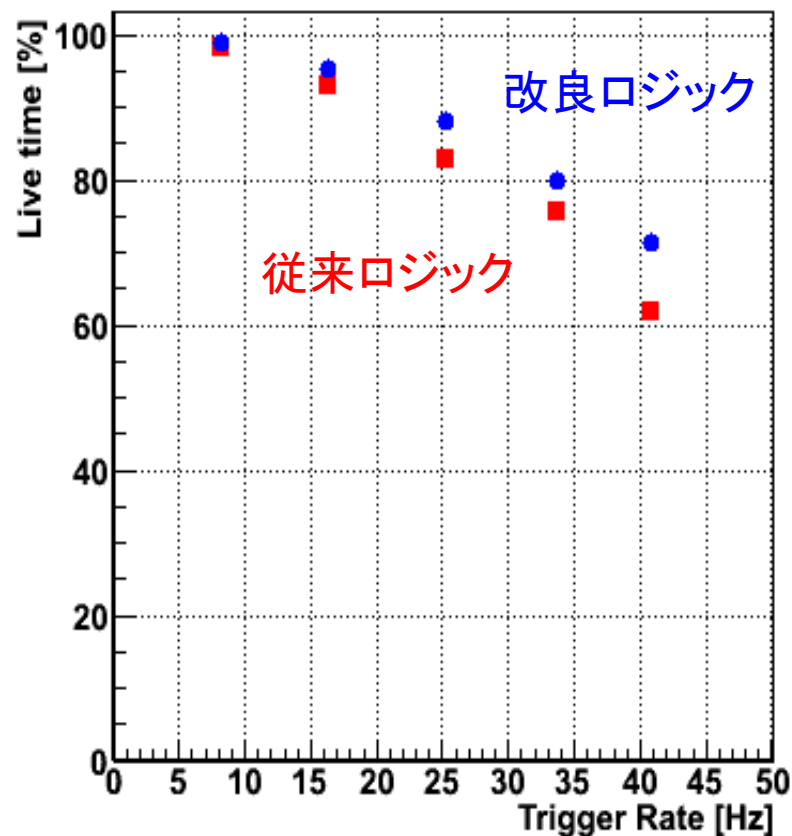
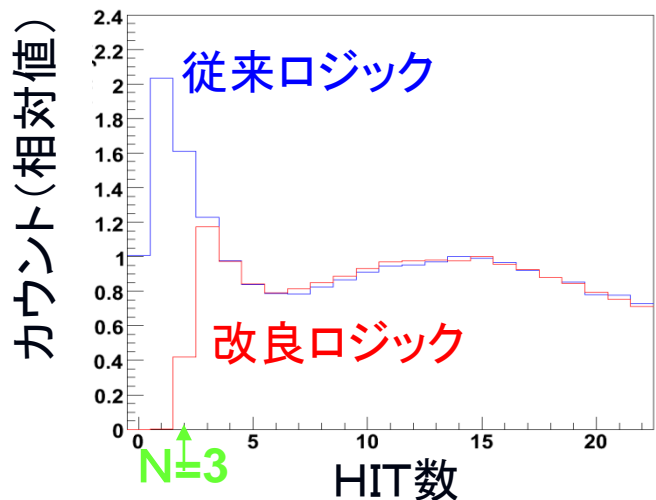
## 従来のロジック



## 新ロジック



# ロジック改良の効果



	トリガーレート	解析後のイベントレート
従来ロジック	276.8 cnts/min	21.8 cnts/min
新ロジック	216.2 cnts/min	20.3 cnts/min

→必要なイベントは従来通り  
取得できている

40Hzで約10%ライブタイム  
が増えている

# まとめ

## ・(30cm)<sup>3</sup>ETCCの詳細なシミュレーターの開発

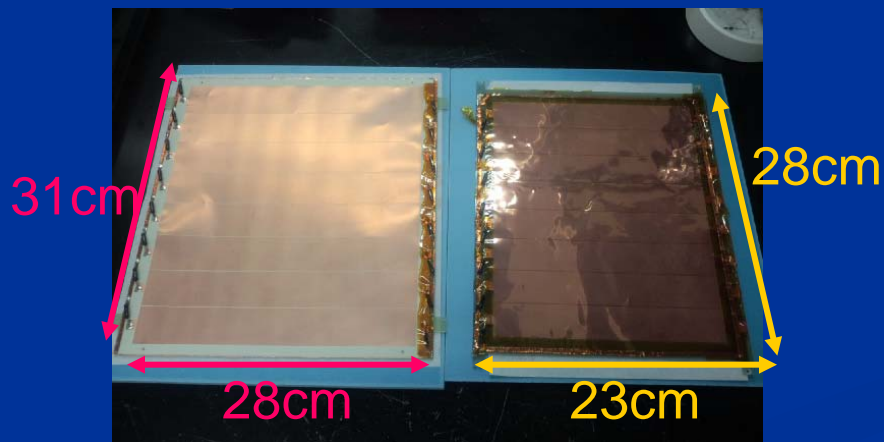
⇒ Effective Area, SPDは実機と20%以内で良く合っている、ARMは50%程度で合っている。今後、更に詰める必要がある。

## ・省電力化遂げたTPC用読み出しチップの動作試験

⇒ 飛跡が取得できることを実証

## ・TPC信号読み出しロジックの改良

⇒ 正常に動作、デッドタイムの減少の効果を確認。今後より高レートでの試験を行う



面積比 1.35 : 1

## 今後の予定

- ・気球実装用TPC読み出し基板(128ch)の開発
- ・大判GEMの導入( $23 \times 28\text{cm}^2 \rightarrow 28 \times 28\text{cm}^2$ )
- ・シンチレーションカメラ読み出し回路の量産
- ・DAQの改良

etc...